

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/CH05/000180

International filing date: 29 March 2005 (29.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: CH
Number: 544/04
Filing date: 30 March 2004 (30.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 04 April 2005 (04.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



PCT/CH 20 05 / 000 18 0

**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
CONFÉDÉRATION SUISSE
CONFEDERAZIONE SVIZZERA**

Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

Attestazione

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, **29. März 2005**

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Administration Patente
Administration des brevets
Amministrazione dei brevetti


Jenni Heinz



Hinterlegungsbescheinigung zum Patentgesuch Nr. 00544/04 (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:
Verfahren zur Herstellung von Formkörpern aus faserverstärktem thermoplastischem Material.

Patentbewerber:
Plastxform AG
Tämperilstrasse 10
8117 Fällanden

Vertreter:
Willi Lanker Patentanwalt
In der Gandstrasse 10
8126 Zumikon

Anmeldedatum: 30.03.2004

Voraussichtliche Klassen: B29C



Verfahren zur Herstellung von Formkörpern aus faserverstärktem thermoplastischem Material

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Formkörpern aus faserverstärktem thermoplastischem Material in einem einstufigen Herstellprozess gemäss Oberbegriff von Anspruch 1 und eine Anlage zur Herstellung gemäss Oberbegriff von Anspruch 19.

Zur Herstellung solcher struktureller Formkörper wird z.B. das Thermoformen eingesetzt, welches kurze Taktzeiten für grosse Serien ermöglicht. Es erfordert jedoch sehr hohe Investitionen für grosse Pressen und teure aufwändige Werkzeuge, so dass diese Verfahren für mittlere und kleinere Serien viel zu teuer sind. Überdies sind auch Aufbau und Formgebungen solcher Formkörper sehr eingeschränkt.

Das Vakuumformen, z.B. gemäss EP 0 893 235 A3, stellt ein viel kostengünstigeres Verfahren dar, welches jedoch sehr lange Zykluszeiten von z.B. 40 Min. erfordert und welches somit nur für kleine Serien einsetzbar ist. Beim Vakuumformen wird thermoplastisches Material mit Faserverstärkungen auf eine geformte Unterlage gelegt, mit einer luftdichten Membran abgedeckt und unter Vakuum in einem Ofen aufgeheizt, verschmolzen und konsolidiert und anschliessend wieder abgekühlt. Dazu werden beidseitige Entlüftungsschichten und Trennfolien als Verbrauchsmaterial benötigt, und es ist auch eine Nachbearbeitung erforderlich. Die Formgebung ist hier zudem beschränkt und es kann nur eine einseitig definiert geformte Oberfläche hergestellt werden.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile bisheriger Verfahren zu überwinden und ein einstufiges Verfahren zur kostengünstigen, serienmässigen und automatisierbaren Herstellung von Formkörpern hoher Qualität mit kürzeren Zykluszeiten und mit verbesserten Eigenschaften zu schaffen und damit Formkörper mit strukturellem Aufbau herzustellen, mit einem weiten Spektrum von Möglichkeiten

bezüglich Aufbau, Formgebungen und Design mit beidseitig definiert geformten Oberflächen und insbesondere auch mit beidseitigen porenfreien Sichtoberflächen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung von Formkörpern nach Anspruch 1 und durch eine Anlage zur Herstellung von Formkörpern nach Anspruch 19.

Die abhängigen Patentansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung mit besonderen Vorteilen bezüglich optimaler Prozesssteuerung, Aufbau, Formgebungen, Oberflächengestaltung und Design der Formkörper sowie von deren mechanischen Eigenschaften.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und Figuren weiter erläutert, dabei zeigen:

- Fig. 1 an einer erfindungsgemässen Vorrichtung mit beidseitigen Formschalen und Temperiermitteln das Verfahren zur Herstellung von faserverstärkten thermoplastischen Formkörpern,
- Fig. 2 einen zeitlichen Verlauf der Temperatur an den Formschalen
- Fig. 3 einen zeitlichen Verlauf vom auf die Formschalen ausgeübten Differenzdruck,
- Fig. 4 einen zeitlichen Verlauf des resultierenden Kompressionswegs
- Fig. 5 einen zeitlichen Verlauf des Differenzdrucks mit zusätzlichem Aussendruck,
- Fig. 6 ein weiteres Beispiel eines zeitlichen Verlaufs der Temperatur,
- Fig. 7 ein Beispiel von in die Formschalen integrierten Temperiermitteln mit Kanälen und Heizdrähten,
- Fig. 8, 9 Beispiele von Zentrierungen und Rückhaltezonen,
- Fig. 10, 11 Beispiele von Randabdichtungen,
- Fig. 12 Formschalen für eine Liegeschale,
- Fig. 13 Formschalen im Grundriss mit verschiedenen Temperierzonen
- Fig. 14a – d illustrieren die Verfahrensschritte,



- Fig. 15 einen typischen Schichtaufbau,
 Fig. 16a, b Beispiele von Ausformungen der Formschalen,
 Fig. 17a einen Formkörper mit Einlegeteilen,
 Fig. 17b einen Formkörper mit elastischen Zonen und mit einem Hohlkörper,
 Fig. 18 eine erfindungsgemässe Anlage mit zugeordneten Stationen.

Das erfindungsgemässe Verfahren zur Herstellung von Formkörpern aus faserverstärktem thermoplastischem Material in einem einstufigen Herstellprozess, wird an der Anlage 30 von Fig. 1 im Zusammenhang mit den Fig. 2 – 6 illustriert. Fig. 1 zeigt ein Werkzeug mit einer unteren und einer oberen Formschale 10a, 10b, welche eine Formkavität 12 mit beidseitig definierten Oberflächen 11a, 11b bilden. Diese Formschalen sind dünnwandig und damit semiflexibel ausgebildet und sie weisen eine Zentrierung 15a, 15b an beiden Formschalen, eine Weg aufnehmende, luftdichte Randabdichtung 16 zwischen den beiden Formschalen und Temperiermittel 13 zum steuerbaren Heizen und Kühlen an beiden Formschalen auf. Die Temperiermittel 13 mit einem guten Wärmeübergang auf die Formschalen, bestehen hier aus Heizdrähten 21 und Kühlkanälen 24 mit einem Kühlmedium 23. Die Formschalen enthalten zusätzlich am Rand eine Rückhaltezone 17 und einen Vakuumkanal 18 sowie eine Vakuumvorrichtung 31, eine Temperiertvorrichtung 33 und eine Steuerung 34. Mit einer Druckluftvorrichtung 32 kann in einer Druckkammer 35 ein zusätzlicher Aussendruck p_2 auf die Formschalen 10a, 10b ausgeübt werden. Zur Herstellung der Formkörper wird thermoplastisches Material 2 mit Verstärkungsfasern 3 lokal definiert in eine Formschale eingelegt, dann werden die Formschalen geschlossen und evakuiert mit dem Druck p_1 und dabei zusammengedrückt, wodurch eine Verkleinerung ds_1 des Abstands zwischen den Formschalen erfolgt. Dann werden die Formschalen mit den Temperiermitteln 13 über den Schmelzpunkt T_m des thermoplastischen Materials 2 hinaus aufgeheizt und auf einer Temperatur T_s gehalten zum Konsolidieren und Verfliessen des thermoplastischen Materials unter dem auf die Formschalen wirkenden gerichteten Druck dp , wobei ein weiteres Zusammendrücken der Formschalen um einen Kompressionsweg ds_2 erfolgt bis zum konturfüllenden Ausfliessen. Anschliessend wird unter Druck definiert abgekühlt bis

zur vollständigen Verfestigung des eingelegten Materials, worauf die Formschalen geöffnet und der gebildete Formkörper 1 entnommen wird.

Mit den erfindungsgemässen, dünnen beidseitigen Formschalen mit Temperiermitteln wird erreicht:

- kürzere Zykluszeiten mit optimaler, rascher, dynamischer Steuerung der Temperatur $T(t)$
- vollständig definierte beidseitige Oberflächenformen
- durch die gerichtete Druckkraft dp , welche auf die Formschalen ausgeübt wird, wird ein seitliches Ausfliessen von thermoplastischem Material bis zum vollständigen Ausfüllen von komplexen Formkavitäten erreicht
- und durch die Semiflexibilität der dünnen Formschalen können Schichtdicken-Unterschiede bereichsweise beim Abkühlen nachgedrückt und damit auch besser kompaktiert werden.

Die Fig. 2 – 6 illustrieren die erfindungsgemässen Verfahrensschritte: die zeitliche Führung von Temperatur, Druck und der damit bewirkten Kompression bis zum vollständigen Ausfliessen der Kavität und zum Kompaktieren des Formkörpers (siehe auch Fig. 14a – d).

Fig. 2 zeigt den gesteuerten Temperaturverlauf an den Formschalen in Funktion der Zeit $T(t)$ mit drei Zeitphasen: aufheizen in einer Zeit dt_1 , konsolidieren und Form ausfliessen in einer Zeit dt_2 und abkühlen in einer Zeit dt_3 . Typische Zeiten sind z.B.:

$dt_1 = 3 \text{ Min.}$ (2 – 5 Min.)

$dt_2 = 2 \text{ Min.}$ (1 – 3 Min.)

$dt_3 = 3 \text{ Min.}$ (2 – 4 Min.)

Eine Zyklusdauer beträgt insgesamt z.B. 8 Min. (5 – 12 Min.).

Das Aufheizen erfolgt relativ rasch (dank unmittelbar an den Formschalen angebrachten Temperiermitteln mit optimalem Wärmeübergang auf das eingelegte Material) über den Schmelzpunkt T_m des thermoplastischen Materials hinaus, welcher nach einer Zeit t_1 erreicht wird, und weiter bis zu einer einstellbaren optimalen Fliesstemperatur T_s (dem eingelegten Material und der gewünschten Formgebung entsprechend) zum optimalen

Konsolidieren und Form-Ausfliessen. Anschliessend erfolgt eine gesteuerte Abkühlung bis zur vollständigen Verfestigung des Formkörpers und zur Entformung zu einer Zeit t_e mit einer Entformungstemperatur T_e nahe der Raumtemperatur.

Fig. 3 zeigt den Druckverlauf in Funktion der Zeit $p(t)$ bzw. den auf die Formschalen ausgeübten Differenzdruck $dp(t)$. Das Vakuum bzw. der Unterdruck p_1 wird rasch angelegt und bis kurz vor der Entformung (t_e) aufrecht erhalten. Vorzugsweise erfolgt vollständiges Evakuieren mit $p_1 = -1$ bar, so dass keine Lufteinschlüsse und Gasreste in der Formkavität mehr vorhanden sind.

Fig. 4 zeigt den resultierenden entsprechenden Kompressionsweg $s(t)$ mit mehreren verschiedenen Stufen ds_1 , ds_2 , ds_3 des Zusammendrückens. Bis zum Erreichen des Schmelzpunkts T_m wird das noch feste Material komprimiert mit einem Kompressionsweg ds_1 . Anschliessend folgt ein weiterer Kompressionsweg ds_2 entsprechend dem Konsolidieren und Verfliessen des thermoplastischen Materials bis zur vollständigen Konturfüllung. Beim Abkühlen entsteht ein Materialschwund. Durch den angelegten Differenzdruck dp wird dabei der entstehende Formkörper weiter kompaktiert bzw. zusammengepresst mit einem weiteren Kompressionsweg ds_3 .

Fig. 5 zeigt den zeitlichen Druckverlauf $dp(t)$, wenn zum Vakuumdruck $p_1(t)$ zusätzlich ein äusserer Druck $p_2(t)$ auf die Formschalen ausgeübt wird und damit der Differenzdruck $dp(t) = p_1(t) + p_2(t)$ wesentlich erhöht werden kann, um so einerseits ein rascheres Konsolidieren und Ausfliessen zu erreichen und auch um beim Abkühlen eine noch stärkere Kompaktierung ($p_{2.3}$) zu bewirken. Zum optimalen Ablauf dieser Vorgänge kann der Aussendruck p_2 z.B. auch stufenweise erhöht werden: $p_{2.1}$, $p_{2.2}$, $p_{2.3}$. Damit können einerseits die Zykluszeiten verkürzt und andererseits die mechanischen Eigenschaften und die kompakte Formgebung von besonders anspruchsvollen Formkörpern weiter verbessert und auch Verzug verhindert werden.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Beispiel einer gesteuerten, dynamischen Temperaturführung $T(t)$ (abhängig von der Art und der Zusammensetzung des eingelegten Materials). Beim

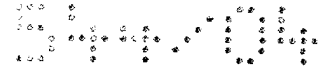
Aufheizen wird hier die Temperatur über dem Schmelzpunkt T_m langsamer weiter erhöht bis zur Temperatur T_s , um ein ausgeglicheneres anfängliches Verfließen zu erreichen.

Das Abkühlen erfolgt nicht linear, sondern wird in einem Temperaturbereich, in dem Materialumwandlungen auftreten, insbesondere in einem Kristallisations-Temperaturbereich T_k bei teilkristallinen Thermoplasten, verlangsamt und damit die Kristallisation und die resultierende Festigkeit des Formkörpers erhöht. Die gesteuerte Führung der Temperatur $T(t)$ kann auch lokal unterschiedlich sein. Bei Ausformungen wie dickeren Stellen und Rippen kann zur Vermeidung von Verzug und zur besseren Kompaktierung lokal eine stärkere Kühlleistung vorgesehen sein, damit der ganze Formkörper gleichmässig abgekühlt wird.

Fig. 7 zeigt weitere vorteilhafte Ausformungen der Temperiermittel 13 an den Formschalen 10. Es ist wichtig, dass zum raschen und gleichmässigen, homogenen Aufheizen und Abkühlen des eingelegten Materials von den Temperiermitteln 13 über die Formschalen ein guter Wärmeübergang mit einer guten Wärmeleitung in den Formschalen erreicht wird. Dazu werden vorzugsweise metallische Formschalen 10 eingesetzt.

Besonders vorteilhaft sind galvanische Schichten, welche in diesem Beispiel aus Nickel (Ni) und Kupfer (Cu) bestehen. Als Temperiermittel kann mit Vorteil auch ein flüssiges Medium 23 eingesetzt werden, welches in an den Formschalen angebrachten Kanälen 24 zirkuliert. Das flüssige Medium kann sowohl nur als Kühlmittel (z.B. am einfachsten mit Wasser) oder auch als Kühlmittel und als Heizmittel eingesetzt werden (mit Flüssigkeiten für höhere Temperaturen wie Öle). Damit sind sehr gute Kühl- und Heizleistungen erreichbar.

Als elektrisch sehr gut steuerbare Temperiermittel können auch isolierte elektrische Heizdrähte 21 eingesetzt werden, welche an den Formschalen angebracht sind. Im Beispiel von Fig. 7 sind die Temperiermittel 13, hier als Kanäle 24 und als integrierte elektrische Heizdrähte 13, direkt in die Formschalen 10, d.h. in die galvanischen Schichten integriert. Dies ergibt eine rationelle Herstellung und besonders günstige thermische Eigenschaften. Über diesen Temperiermitteln kann eine thermische Isolationsschicht 19 (z.B. Schaumstoff) aufgebracht sein. Die Temperiermittel 13



können z.B. auch als flächige Schichten oder Bänder, als Heizkissen und Kühlkissen, an die Formschalen angebracht oder aufgeklebt sein.

Die Fig. 8 und 9 zeigen Beispiele von Formgebungen von Randbereichen der Formschalen 10a, 10b, welche, aufeinander abgestimmt, Vakuumkanäle 18, Zentrierungen 15 und Rückhaltezone 17 bilden. Die Vakuumkanäle 18 werden am Rand der Formschalen rundum geführt. Die Zentrierungen 15a, 15b an den beiden Formschalen führen diese beim Zusammentreffen so, dass die Endformen der beiden Oberflächen des resultierenden Formkörpers genau positioniert sind.

Am Rand der Formkavität 12 sind Rückhaltezone bzw. Rückhaltemittel 17 für das geschmolzene thermoplastische Material geformt, so dass beim Ausfliessen die Formkavität vollständig durch thermoplastisches Material gefüllt wird bis zur Rückhaltezone 17, und hier dann so weit gestoppt wird, dass der angelegte gleichmässige Druck p auf die ganzen Formschalen erhalten bleibt und jedoch kein weiteres Material mehr über die Rückhaltezone austritt. Diese Rückhaltezone weist im Beispiel von Fig. 8 einen sehr dünnen, flachen Bereich 17 auf mit einem Abstand von z.B. nur 0.1 bis 0.3 mm bei Formschluss und anschliessend eine Materialdichtung 17a (z.B. ein Elastomer), welche ganz verschlossen wird durch die Formgebung der Gegenschale 10a.

Das Beispiel von Fig. 9 zeigt eine Tauchkante 17b als Rückhaltezone 17, welche bei Formschluss der beiden Formschalen den Ausfluss von weiterem thermoplastischem Material ebenfalls stoppt.

Die Fig. 10 und 11 zeigen Beispiele von Weg aufnehmenden Randabdichtungen 16, welche eine luftdichte Abdichtung im ganzen Prozessverlauf sicherstellen, so dass die Kompressionswege d aufgenommen werden. Fig. 10 zeigt ein Beispiel einer Hohlprofilabdichtung, welche hier zudem aufblasbar ist 56 (mit einem passenden Druck), welche im Prinzip als Hohlprofil-Rollbalgdichtung arbeitet.

Fig. 11 zeigt ein Beispiel einer einfachen Rollbalgdichtung, welche die Ränder beider Formschalen 10a, 10b miteinander verbindet und luftdicht abschliesst.

Die Fig. 12 zeigt einen Querschnitt durch eine Formschale 10a, 10b für eine Liegeschale 52 als Formkörper 1, bei welchen zwei Sicken bzw. Stützkufen 53 als Auflagestützen der Liegeschale dienen. Diese Stützkufen 53 weisen deshalb lokal einen wesentlich höheren Faseranteil als Verstärkung auf als die übrigen Bereiche der Liegeschale 52. Mit der Formgebung der Stützkufen 53 wird ebenfalls eine Zentrierung 15 erreicht.

Fig. 13 zeigt Formschalen 10a, b im Grundriss, wobei hier die Zentrierungen 15a, 15b an den Formschalen nur an einzelnen Stellen ausgebildet sind. Die Rückhaltezonen 17 (wie auch die Randabdichtung 16 und der Vakuumkanal 18) verlaufen dagegen am Rand rund um die ganzen Formschalen herum. Dieses Beispiel illustriert auch eine lokal unterschiedliche Temperierung: In Bereichen, in denen eine stärkere Temperierung Q_2 , T_2 erfolgen soll, können z.B. die Abstände zwischen einzelnen Heizdrähten 21 oder Kühlkanälen 24 kleiner gewählt sein als in Bereichen mit geringer Temperierung Q_1 , T_1 . Unterschiedliche Temperierungen können durch unterschiedliche Heiz- und Kühlleistungen (Q_1 , Q_2) oder durch unterschiedliche Temperaturen (T_1 , T_2) erzeugt werden, z.B. durch unterschiedliche Heizleistungen von Heizdrähten 21 oder Temperaturen und Durchflussmengen von Heiz- bzw. Kühlmedien 23. Beispielsweise können Rückhaltezonen 17 stärker gekühlt werden und damit die Fließfähigkeit des Thermoplasts gesteuert reduziert und das weitere Ausfließen gestoppt werden.

Die Fig. 14a – 14d illustrieren im Zusammenhang mit den Fig. 2 – 6 die Verfahrensschritte weiter. Fig. 14a zeigt das kalt eingelegte, lokal formgerecht positionierte Material 2 und 3. Fig. 14b zeigt das durch Evakuieren, bzw. durch den auf die ganzen Formschalen wirkenden gerichteten Druck dp , kompaktierte Material mit einem Kompressionsweg ds_1 . Fig. 14c zeigt das Ausfließen (50) des thermoplastischen Materials mit vollständigem Ausfüllen der Formkavität 12 bis zur Rückhaltezona 17 mit einem weiteren Kompressionsweg ds_2 . Anschliessend erfolgt das Abkühlen und Nachkonsolidieren und weiteres Komprimieren mit einem weiteren Kompressionsweg ds_3 . Dabei kann ein Aussendruck p_2 mit Druckstufen $p_{2.1}$, $p_{2.2}$, $p_{2.3}$ angelegt werden (siehe Fig. 5).

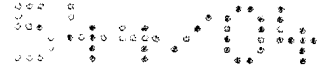


Fig. 14d zeigt den resultierenden Formkörper 1 mit beidseitig definierten geformten Sichtoberflächen 9a, 9b und einem sehr dünnen Grat an der Rückhaltezone (17) welcher leicht entfernt werden kann. Somit können Formkörper mit einwandfreier Endform praktisch ohne Abfall einstufig und relativ rasch produziert werden.

Mit dem erfindungsgemässen Verfahren können verschiedene Materialarten gleichzeitig kalt in die Formschale eingebracht werden und es können lokal unterschiedliche Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften und Formen (wie Fasergehalt, Fließfähigkeit, Steifigkeit und Materialart) in definierten Positionen in die Formschale eingelegt werden. Damit kann der Schichtaufbau optimal und mit einem viel grösseren Spektrum von Möglichkeiten als bisher lokal den verschiedensten Anforderungen entsprechend ausgelegt werden bezüglich mechanischer Eigenschaften, Formgebungen und Design von beidseitigen Sichtoberflächen, welche in einem einstufigen Verfahren einfach hergestellt werden können.

Die in die Formschalen eingelegten Materialien, thermoplastisches Material 2 und Verstärkungsfasern 3, können in verschiedenen Formen verwendet werden: Thermoplaste als Fließmaterial in Form von Folien, Garnen, Granulaten oder Pulver und Faserverstärkungen als Fasergewebe, Gelege, Faser-Vliese, Hybridgarne und auch als Halbzeuge.

Fig. 15 zeigt einen typischen mehrschichtigen Schichtaufbau 4 für einen faserverstärkten Struktur- und Formkörper 1 mit äusseren Deckschichten 6, welche auch Formschichten bilden, darunter mit einer oberen und einer unteren faserverstärkten Strukturschicht 7 und einer mittleren Kernschicht 8, welche eine innere Formschicht bildet. Die Formschichten 6 und 8 weisen dabei eine, den gewünschten Formgebungen entsprechende Fließfähigkeit und Dimensionierung auf. Als Deckschichten können z.B. auch Farbschichten eingesetzt werden, welche bis zum Abschluss des Formkörpers in die Rückhaltezone 17 hinein verlaufen, während Strukturschichten 7 vor dem Abschluss (17) enden und somit müssen keine Faserschichten nach der Entformung abgeschnitten

werden. Fig. 15 zeigt auch eine Ausformung 42 mit grösserer Wandstärke 45, welche mit passender Materialeinlage gefüllt und ausgeflossen wird.

Die Fig. 16a, b zeigen Formschalen 10a, 10b bzw. resultierende Formkörper 1, welche Ausformungen 42 aufweisen. Fig. 16a zeigt auf der oberen Oberfläche 9b eine Ausformung in Form einer strukturierten Oberfläche, z.B. mit einem Narbenmuster als Sichtoberfläche. Die untere Oberfläche 9a weist hier Rippen 43 auf, welche in der Fliessphase (dt2) ausgeflossen bzw. vollständig gefüllt wurden, wobei hier lokal entsprechend genügend fliessfähiges Material in die Formschale eingelegt wurde.

Fig. 16b zeigt ein Beispiel mit Ausformungen 42 in Form von Löchern oder Durchbrüchen 44, welche in der Fliessphase erzeugt wurden, wie auch dicke Schichtstellen 45, wobei die Materialeinlage wiederum lokal entsprechend zusammengestellt ist zum vollständigen Ausfliessen (50) der Ausformungen.

Fig. 17a zeigt zwei Beispiele von zusätzlichen, nicht schmelzenden Einlagen, welche in einen Formkörper integriert werden können: eine zusätzliche Oberflächenschicht 29, z.B. als Dekorschicht oder als Gewebekaschierung, und ein Einlegeteil (Insert) 28, hier z.B. in Form eines Fixierelements oder Gewindes, mit welchen Befestigungen oder Krafteinleitungen realisiert werden können. Dazu wird hier das Einlegeteil 28 mit einem lokal erhöhten Anteil von faserverstärkten Schichten 7 in den Formkörper 1 eingebunden.

Die Fig. 17b illustriert, dass auch weitere Materialien einfach in die Formkörper integriert werden können wie weiche, elastische Materialien, z.B. temperaturbeständige thermoplastische Elastomere TPE und TPO, sowohl als Oberflächenschicht oder auch in bestimmten Bereichen 26, welche lokal eine elastische, weiche Zone bilden. Es ist auch möglich, Hohlkörper oder Hohlräume 46 zu bilden, z.B. mittels Gas-Innendruck, mit aufblasbaren Membranen oder mit eingelegten Füllstoffen, z.B. indem ein geformter, nicht schmelzender Kern eingelegt wird, welcher nach dem Verpressen mit Wasser wieder ausgewaschen werden kann.

Fig. 18 zeigt eine Anlage 30 zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens und mit zugeordneten weiteren Stationen, mit welchen eine automatisierte, serienmässige Herstellung von faserverstärkten Formkörpern möglich ist. Die Anlage 30 enthält eine untere und obere Formschale 10a, 10b mit Temperiermitteln 13, welche mit einer Temperiertvorrichtung 33 verbunden sind, z.B. mit einer Speisung für Heizdrähte und einer Kühlvorrichtung für ein flüssiges Kühlmedium 23, sowie eine Vakuumvorrichtung 31 zur Erzeugung des Unterdrucks p_1 und eine zusätzliche Druckluftvorrichtung 32 zur Erzeugung eines Aussendruckes p_2 in einer Druckkammer 35, welche die Formschalen 10a, 10b umschliesst. Der steuerbare Aussendruck p_2 wird vorzugsweise mit Druckluft von z.B. 1 bis 10 bar realisiert. Eine besonders leichte und feste Druckkammer 35 wird z.B. gebildet aus zwei gewölbten Halbschalen 36a, 36b aus endlosfaserverstärktem Kunststoff in einer Wandstärke von z.B. 3 – 4 mm, welche geöffnet werden können und welche einen Rahmen mit einer Verriegelung 37 aufweisen.

Der Anlage 30 ist eine Konfektionierungsstation 38 zugeordnet zum Zuschneiden von verschiedenen Materiallagen aus Thermoplasten 2 und Faserverstärkungen 3 und zum Zusammenstellen von Materialpacks 27, welche auch weitere Einlagen enthalten können. Mit einem Handlingroboter 39 kann Material bewegt werden zum Zusammenstellen von Materialpacks 27, zum positionierten Einlegen in die Formschalen 10 und zum Entformen. Eine Prozesssteuerung 34 steuert die Verfahrensparameter, d.h. die Temperierung, den Druck (p_1 , p_2 , p_3) und die Materialbewegungen.

Im Rahmen dieser Beschreibung werden folgende Bezeichnungen verwendet:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1 | Formkörper |
| 2 | thermoplastisches Material |
| 3 | Verstärkungsfasern, Halbzeuge |
| 4 | mehrschichtiger Aufbau |
| 6 | Deckschichten, äussere Formschichten |
| 7 | faserverstärkte Strukturschichten |

8	Kernschicht, innere Formschicht
9a, b	Sichtoberflächen von 1
10	Formschalen
10a, b	untere, obere Formschale
11a, b	Oberflächen von 10
12	Formkavität
13	Temperiermittel
15a, b	Zentrierung an 10
16	Randabdichtung
17	Rückhaltezone
17a	Materialdichtung
17b	Tauchkante
18	Vakuumkanäle
19	Isolationsschicht
21	elektrische Heizdrähte
23	flüssiges Kühl/Heizmedium
24	Kanäle
26	elastische Materialien
27	Materialpack
28	Einlegeteil (Insert)
29	zusätzliche Oberflächenschichten
30	Anlage
31	Vakuumvorrichtung
32	Druckluftzufuhr, -vorrichtung
33	Temperiertvorrichtung
34	Steuerung
35	Druckkammer
36a, b	Halbschalen
37	Verriegelung
38	Konfektionierungsstation
39	Handlingroboter

42	geometrische Ausformungen
43	Rippen
44	Löcher, Durchbrüche
45	dicke Stellen
46	Hohlkörper, Hohlräume
50	ausfliessen
52	Liegeschale
53	Auflage, Stützsicken
56	aufblasbar
t	Zeit
dt	Zeitdauer
dt1	aufheizen
dt2	ausfliessen
dt3	abkühlen
T, Tm, Ts, Te	Temperaturen
Tk	Kristallisationstemperatur-Zone
p	Druck
p1	Vakuumdruck
p2	Aussendruck
dp	Druckdifferenz
s	Kompressionsweg
se	Schichtdicke von 1
ds	Kompressionsstufen, Wegdifferenzen
Q1, Q2	verschiedene Temperierungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Formkörpern (1) aus faserverstärktem thermoplastischem Material in einem einstufigen Herstellprozess, dadurch gekennzeichnet, dass
 - ein Werkzeug eingesetzt wird mit einer unteren und einer oberen Formschale (10a, 10b), welche eine Formkavität (12) mit beidseitig definierten Oberflächen (11a, 11b) bilden,
 - welche Formschalen dünnwandig und semiflexibel ausgebildet sind
 - mit einer Zentrierung (15a, 15b) an beiden Formschalen,
 - mit einer Weg aufnehmenden, luftdichten Randabdichtung (16) zwischen den beiden Formschalen
 - und mit Temperiermitteln (13) zum steuerbaren Heizen und Kühlen an beiden Formschalen
 - wobei thermoplastisches Material (2) mit Verstärkungsfasern (3) lokal definiert in eine Formschale eingelegt wird
 - dann die Formschalen geschlossen, anschliessend evakuiert (p_1) und dabei zusammengedrückt werden mit einer Verkleinerung (ds_1) des Abstands zwischen den Formschalen
 - dann die Formschalen mit den Temperiermitteln über den Schmelzpunkt (T_m) des thermoplastischen Materials (2) aufgeheizt
 - und auf einer Temperatur (T_s) gehalten werden zum Konsolidieren und Verfliessen des thermoplastischen Materials unter Druck (dp) mit einem weiteren Zusammendrücken der Formschalen (ds_2) bis zum konturfüllenden Ausfliessen,
 - anschliessend unter Druck definiert abgekühlt wird bis zur vollständigen Verfestigung des eingelegten Materials
 - dann die Formschalen geöffnet und der gebildete Formkörper (1) entnommen wird.



2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum Konsolidieren und Ausfliessen zusätzlich ein äusserer Druck (p_2) auf die Formschalen ausgeübt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der äussere Druck (p_2) in einer Druckkammer (35) mittels Druckluft ausgeübt wird (z.B. 1 – 10 bar).
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Formschalen am Rand der Formkavität eine geformte Rückhaltezone (17) für das thermoplastische Material aufweisen.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass am Rand der Formschalen Vakuumkanäle (18) rundum geführt sind.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mit den Formschalen geometrische Ausformungen (42) wie Rippen (43), Löcher (44), Durchbrüche und unterschiedliche Wandstärken (45) gebildet werden.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass metallische Formschalen eingesetzt werden, welche aus galvanischen Schichten, vorzugsweise aus Ni, Cu, bestehen.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass elektrische Temperiermittel in Form von isolierten elektrischen Heizdrähten (21) an den Formschalen angebracht sind.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Temperiermittel ein flüssiges Medium (23) als Kühlmittel oder als Heiz- und Kühlmittel eingesetzt wird, welches in Kanälen (24) zirkuliert, die an der Formschalen angebracht sind.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperiermittel (13) direkt in die Formschalen integriert sind.
11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an den Formschalen eine lokal unterschiedliche Temperierung Q1, Q2 erzeugt wird (z.B. im Randbereich oder an dicken Stellen eine stärkere Kühlung).
12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperierung beim Abkühlen nicht linear erfolgt, mit einem langsameren Durchlaufen bestimmter Temperaturzonen (z.B. langsames Durchlaufen von Kristallisationstemperatur-Zonen (Tk)).
13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene Materialarten gleichzeitig in die Formschale eingebracht werden.
14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass lokal unterschiedliche Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften und Formen (wie Fasergehalt, Fließfähigkeit, Steifigkeit, Materialart) in definierten Positionen in die Formschale eingelegt werden.
15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzliche Oberflächenschichten (29) (z.B. Dekor-Schichten oder Kaschierungen) in die Formschale eingelegt werden.
16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an den Oberflächen oder in bestimmten Zonen lokal definiert weiche, elastische Materialien (26) (z.B. TPE, TPO) eingelegt werden.
17. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Einlegeteile (28) wie Inserts, z.B. für Krafteinleitungen, positioniert in die Formschalen eingelegt werden.

18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Hohlkörper oder Hohlräume (46) gebildet werden, z.B. mittels Gas-Innendruck, mit aufblasbaren Membranen oder mit eingelegten Schaumstoffen.
19. Anlage (30) zur Herstellung von Formkörpern aus faserverstärktem thermoplastischem Material in einem einstufigen Herstellprozess, gekennzeichnet durch
- ein Werkzeug mit einer unteren und einer oberen Formschale (10a, 10b), welche eine Formkavität (12) mit beidseitig definierten Oberflächen (11a, 11b) bilden,
 - welche Formschalen dünnwandig und semiflexibel ausgebildet sind
 - mit einer Zentrierung (15a, 15b) an beiden Formschalen,
 - mit einer Weg aufnehmenden, luftdichten Randabdichtung (16) zwischen den beiden Formschalen,
 - mit Temperiermitteln (13) zum steuerbaren Heizen und Kühlen an beiden Formschalen
 - und mit einer Vakuumvorrichtung (31) und einer Steuerung (34),
 - wobei thermoplastisches Material (2) mit Verstärkungsfasern (3) lokal definiert in eine Formschale einlegbar ist,
 - die Formschalen geschlossen, anschliessend mit der Vakuumvorrichtung evakuiert (p_1) und dabei zusammengedrückt werden mit einer Verkleinerung (ds_1) des Abstands zwischen den Formschalen
 - dann die Formschalen mit den Temperiermitteln über den Schmelzpunkt (T_m) des thermoplastischen Materials (2) aufgeheizt
 - und auf einer Temperatur (T_s) gehalten werden zum Konsolidieren und Verfliessen des thermoplastischen Materials unter Druck (dp) mit einem weiteren Zusammendrücken der Formschalen (ds_2) bis zum konturfüllenden Ausfliessen,
 - und anschliessend unter Druck mit den Temperiermitteln definiert abgekühlt werden bis zur vollständigen Verfestigung des eingelegten Materials.

20. Anlage nach Anspruch 19, gekennzeichnet durch eine Druckvorrichtung (32), mit welcher ein zusätzlicher äusserer Druck (p2) auf die Formschalen ausgeübt wird.
21. Anlage nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der äussere Druck (p2) mittels Druckluft ausgeübt wird.
22. Anlage nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch zwei gewölbt Halbschalen (36a, 36b) aus endlosfaserverstärktem Kunststoff mit einer Verriegelung (37), welche eine Druckkammer (35) bilden.
23. Anlage nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch eine zugeordnete Konfektionierungsstation (38) zum Zuschneiden und Zusammenstellen eines Materialpacks (27), einen Handlingroboter (39) zum positionierten Einlegen von Material und eine Prozesssteuerung (34) zum Steuern von Temperierung, Druck und Materialbewegungen.
24. Formkörper aus faserverstärktem thermoplastischem Material, hergestellt gemäss dem Verfahren von Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beidseitig definierte, geformte, porenfreie Sichtoberflächen (9a, 9b) ausgebildet sind.
25. Formkörper nach Anspruch 24, gekennzeichnet durch einen mehrschichtigen Aufbau (4).
26. Formkörper nach Anspruch 24, gekennzeichnet durch lokal unterschiedliche Materialzusammensetzungen.

Zusammenfassung

Das Verfahren ermöglicht die einstufige Herstellung von Formkörpern (1) verschiedener Art aus faserverstärktem thermoplastischem Material. Dazu wird ein Werkzeug mit einer unteren und einer oberen Formschale (10a, 10b), welche beidseitig definierte Oberflächen bilden, eingesetzt. Die Formschalen sind dünnwandig und semiflexibel ausgebildet und weisen eine Zentrierung an beiden Formschalen, eine Weg aufnehmende, luftdichte Randabdichtung (16) und Temperiermittel (13) zum steuerbaren Heizen und Kühlen an beiden Formschalen auf. Zur Herstellung wird thermoplastisches Material (2) mit Verstärkungsfasern (3) lokal definiert in die Formschalen eingelegt, die Formschalen anschliessend evakuiert (p_1) und dabei zusammengedrückt (d_s), dann über den Schmelzpunkt aufgeheizt und auf einer Temperatur (T_s) gehalten zum Konsolidieren und Verfließen des thermoplastischen Materials unter Druck (d_p) bis zum konturfüllendem Ausfliessen. Anschliessend wird unter Druck definiert abgekühlt bis zur vollständigen Verfestigung des eingelegten Materials. Dieses kostengünstige und automatisierbare Verfahren ermöglicht die Herstellung von Formkörpern mit verschiedenartigen Materialien, Aufbau und Formgebungen und mit beidseitigen, porenfreien Sichtoberflächen.

(Figur 1)

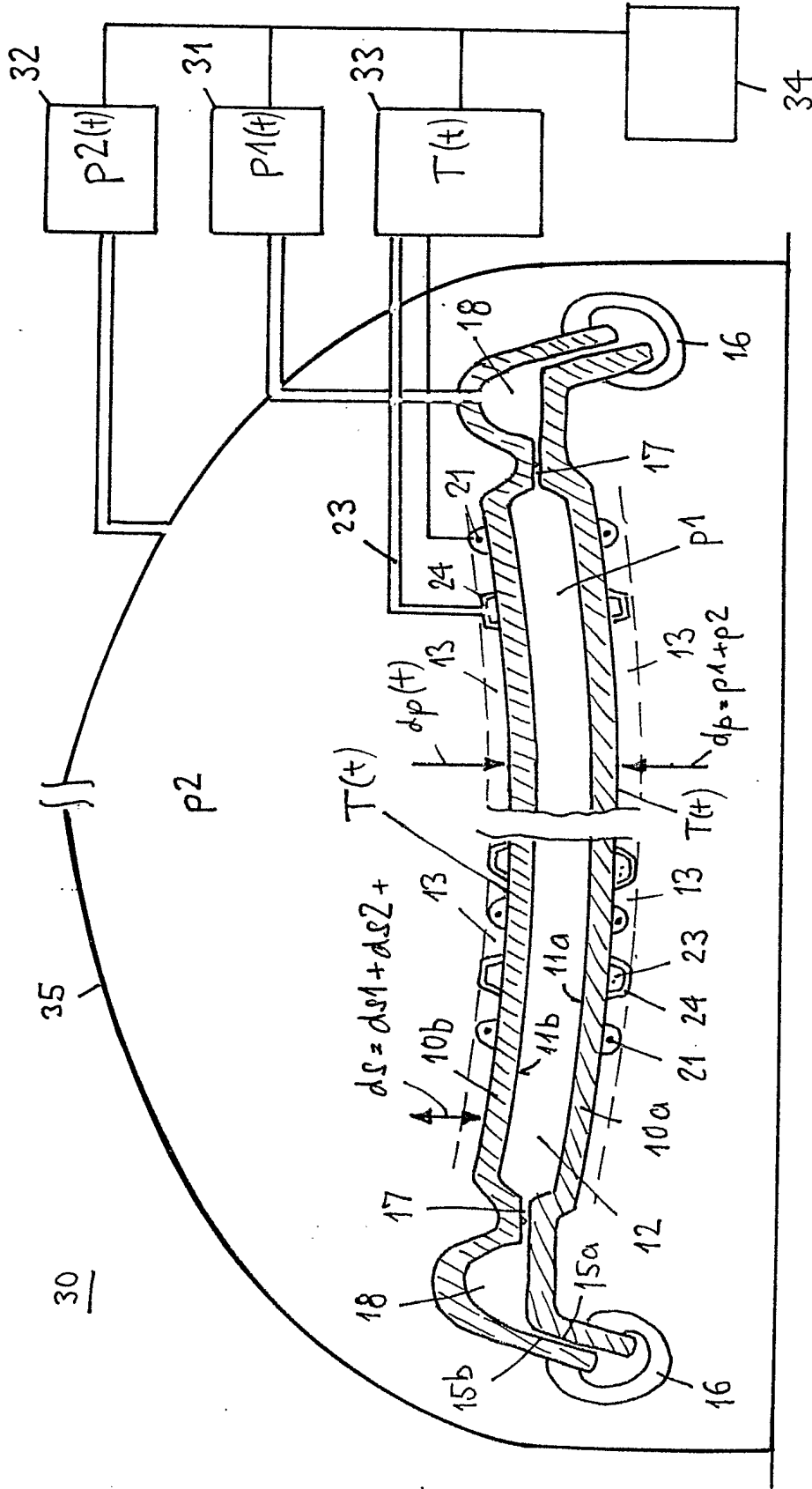


Fig. 1

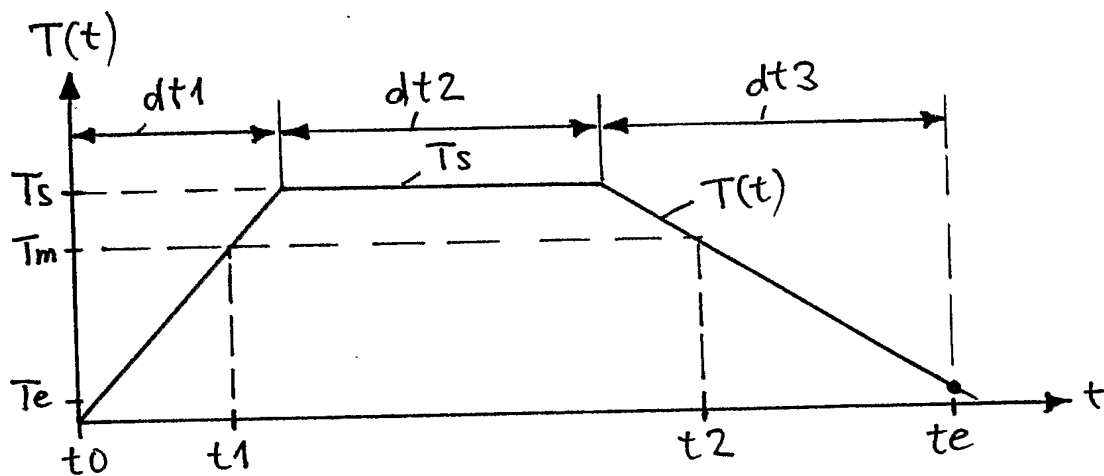


Fig.2

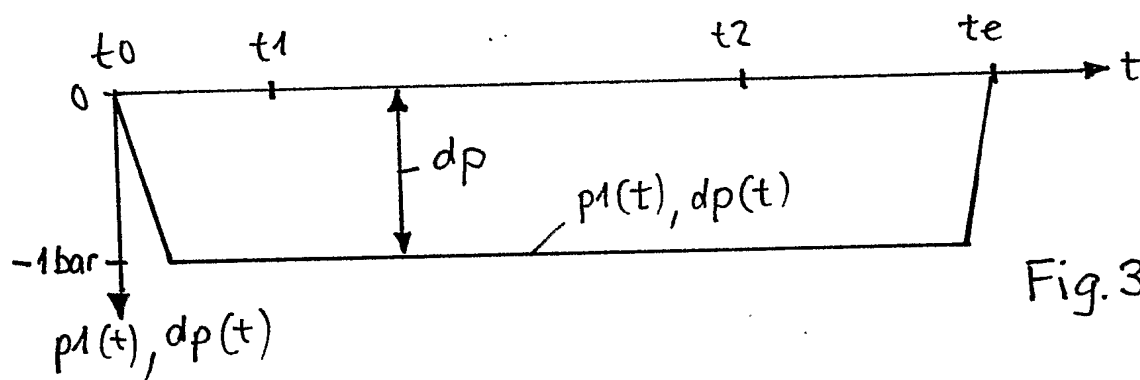


Fig.3

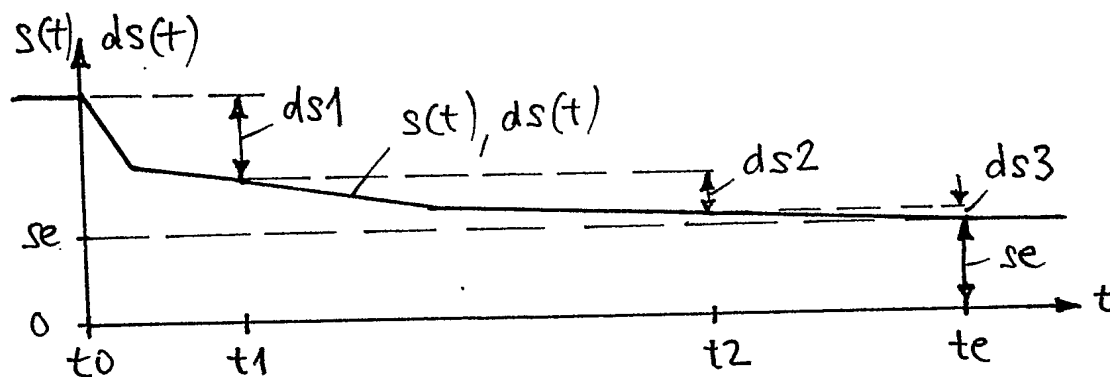
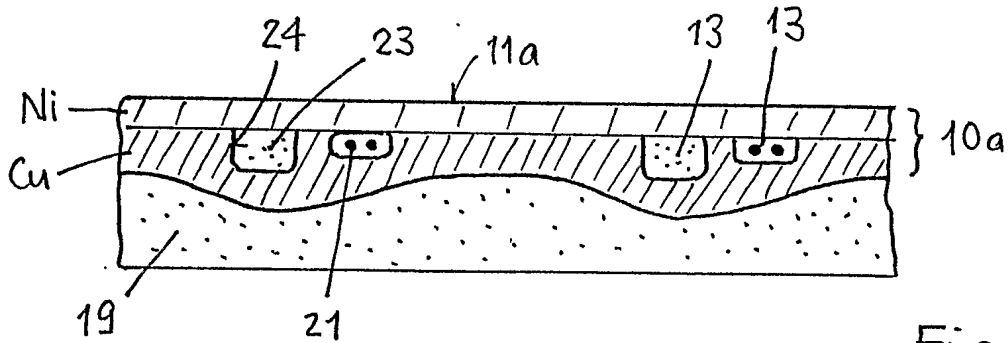
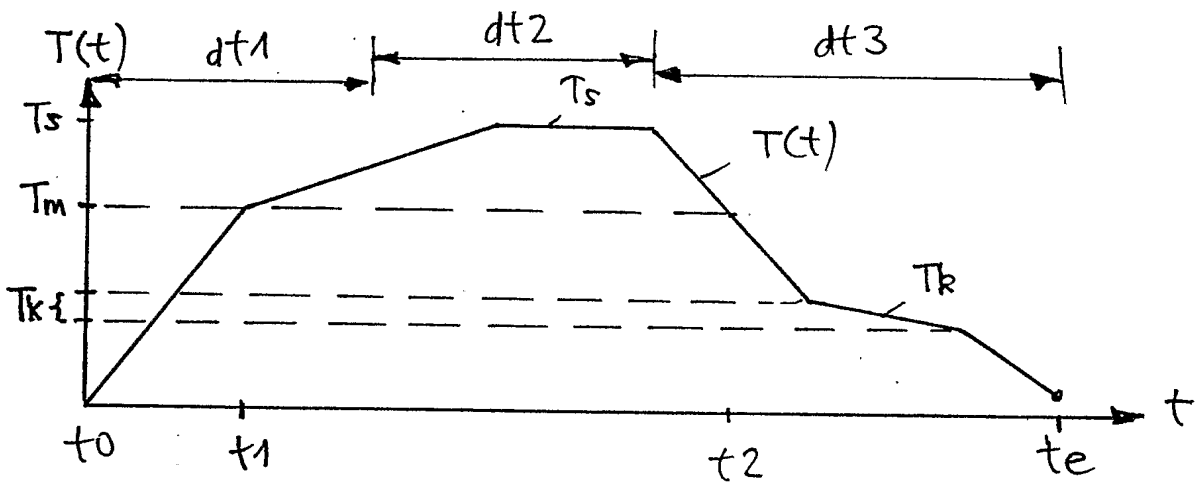
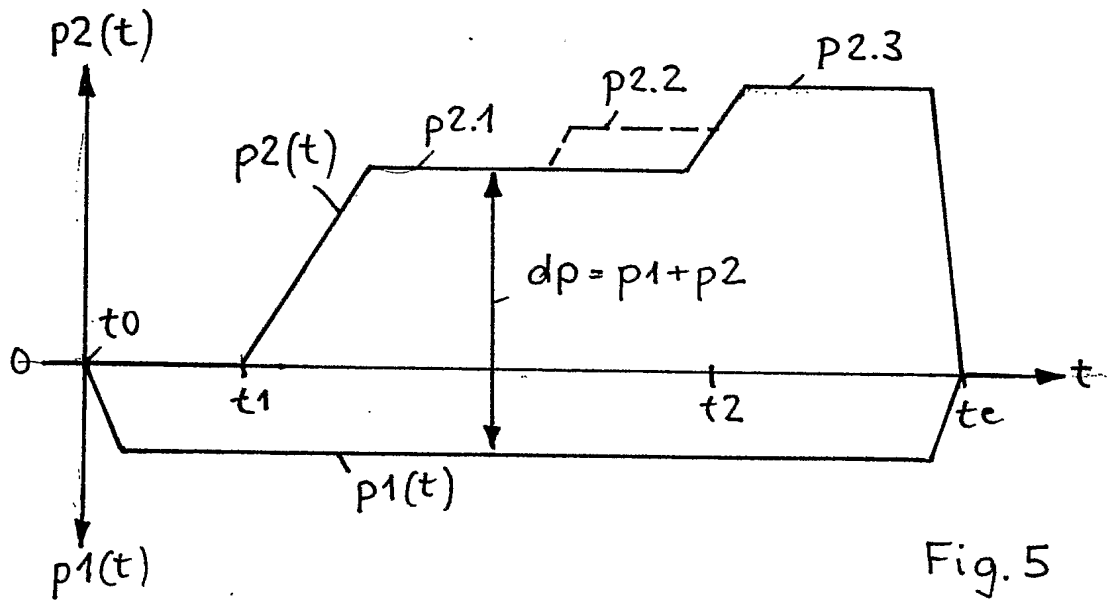


Fig.4



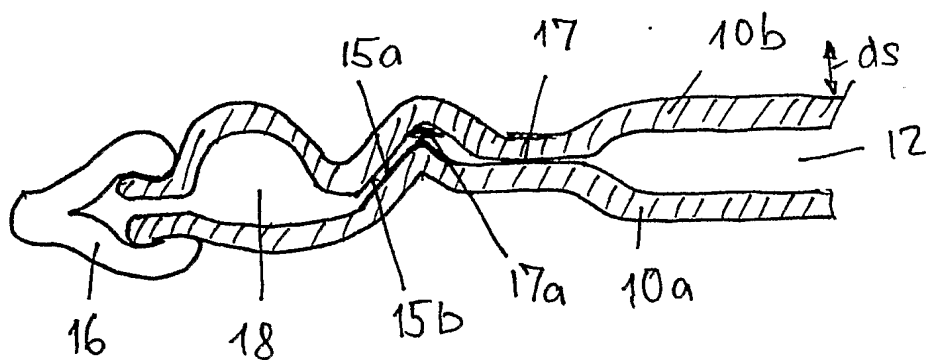


Fig. 8

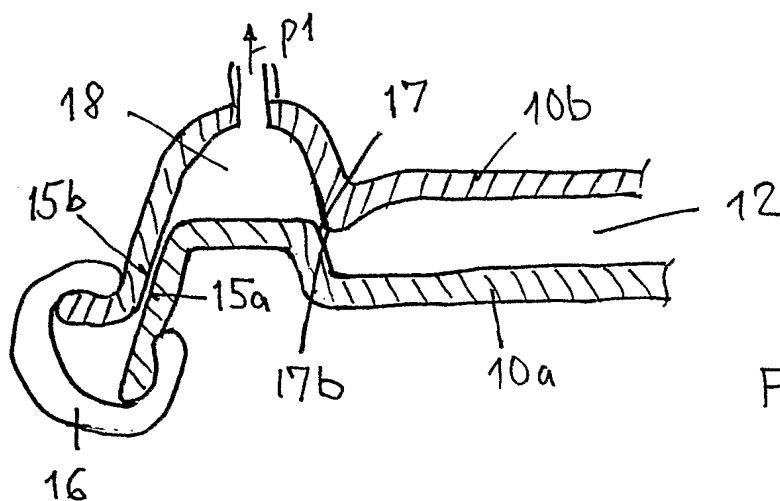


Fig. 9

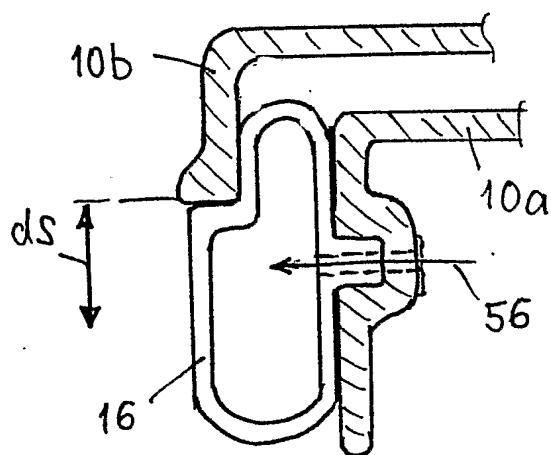


Fig. 10

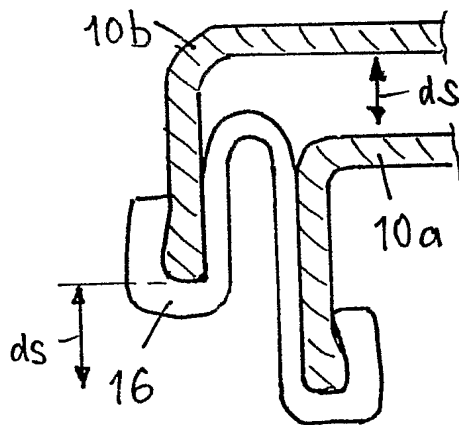


Fig. 11

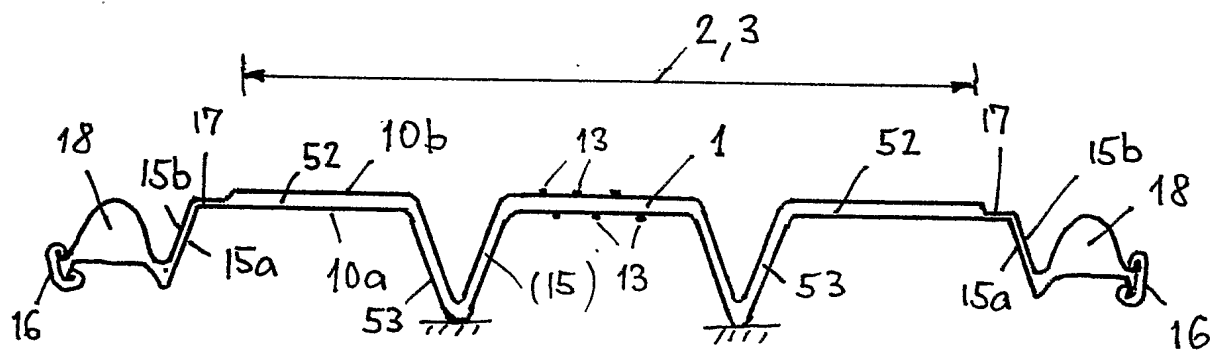


Fig. 12

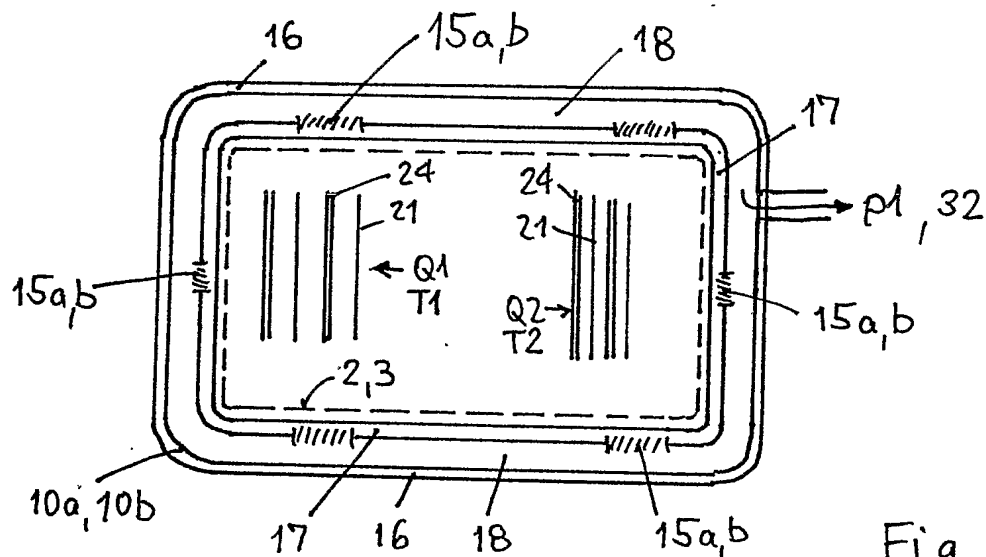
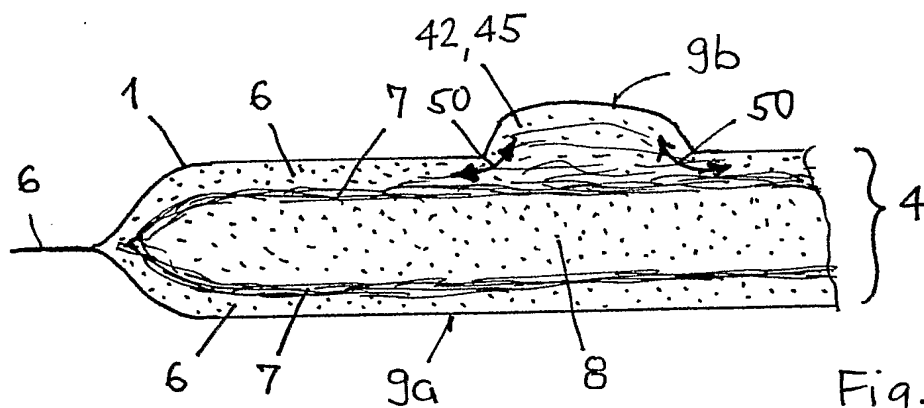
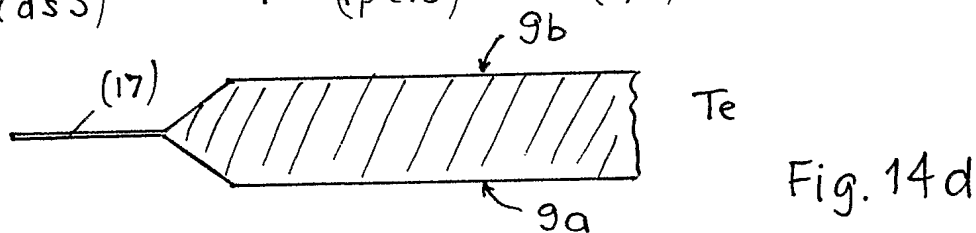
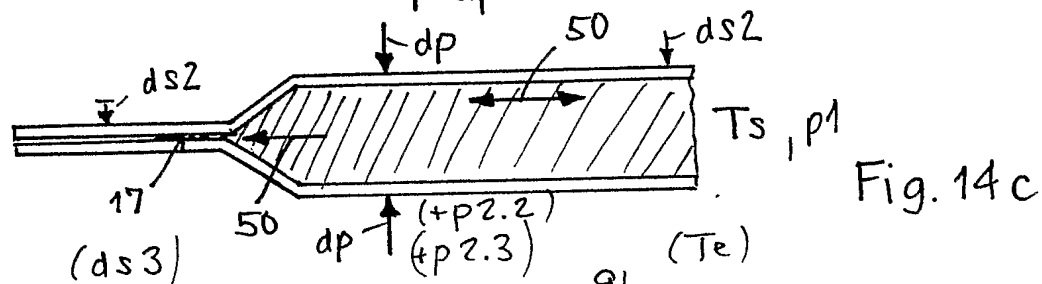
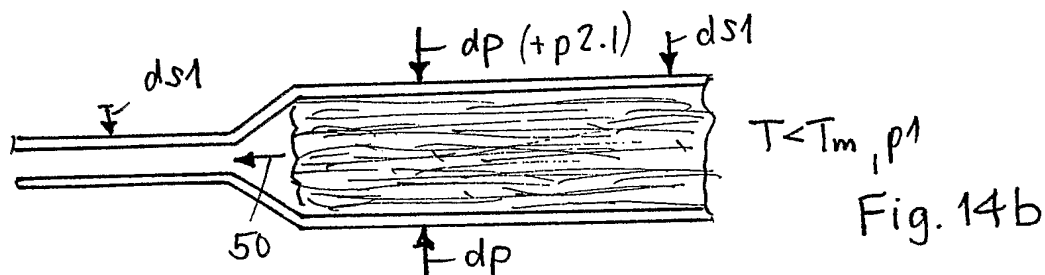
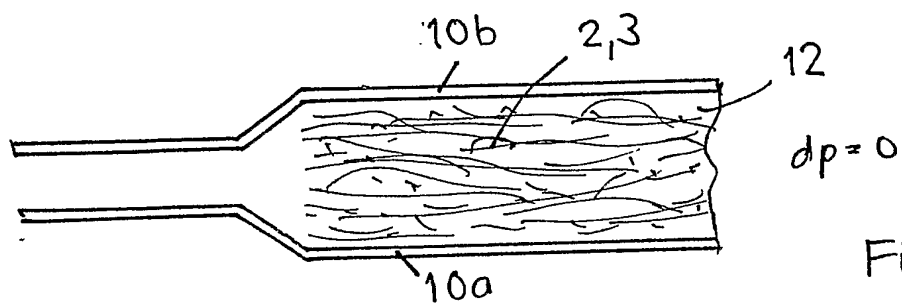


Fig. 13



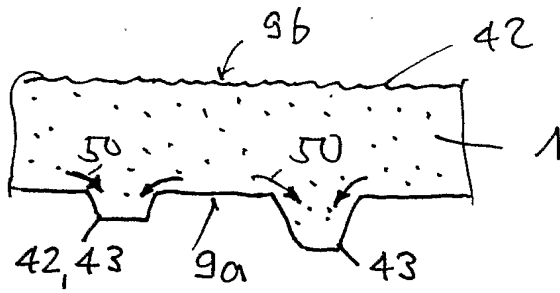


Fig. 16a

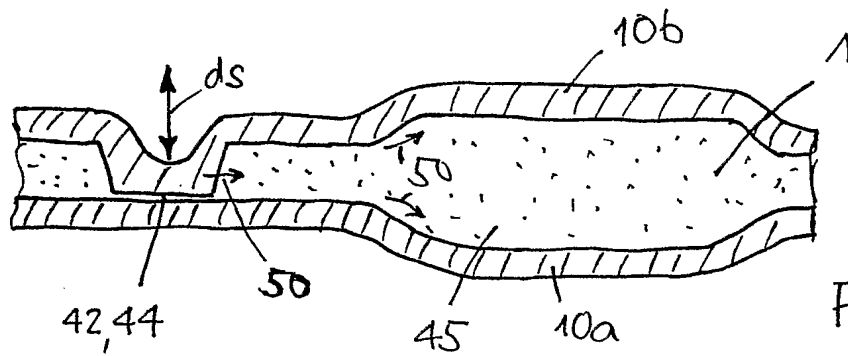


Fig. 16b

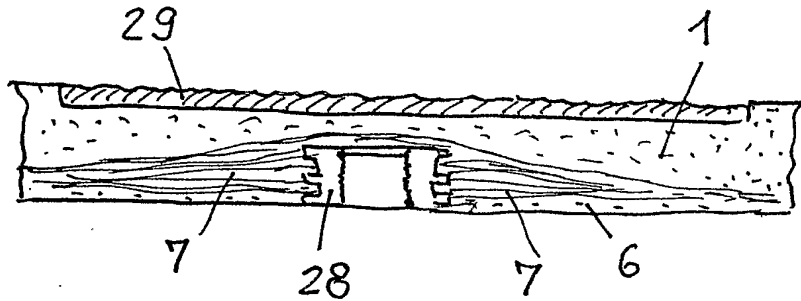


Fig. 17a

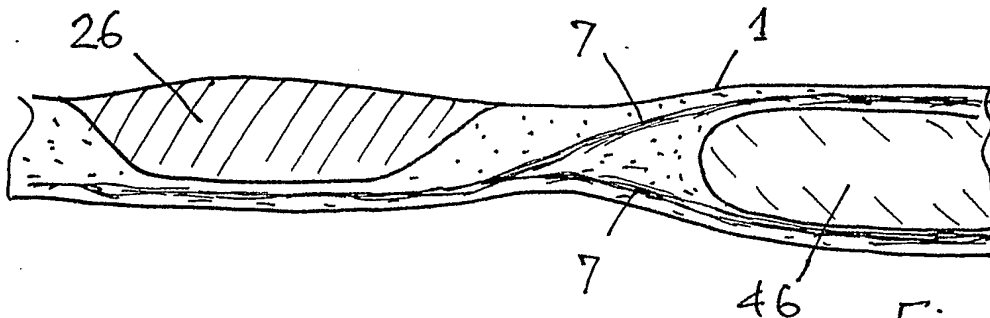


Fig. 17b

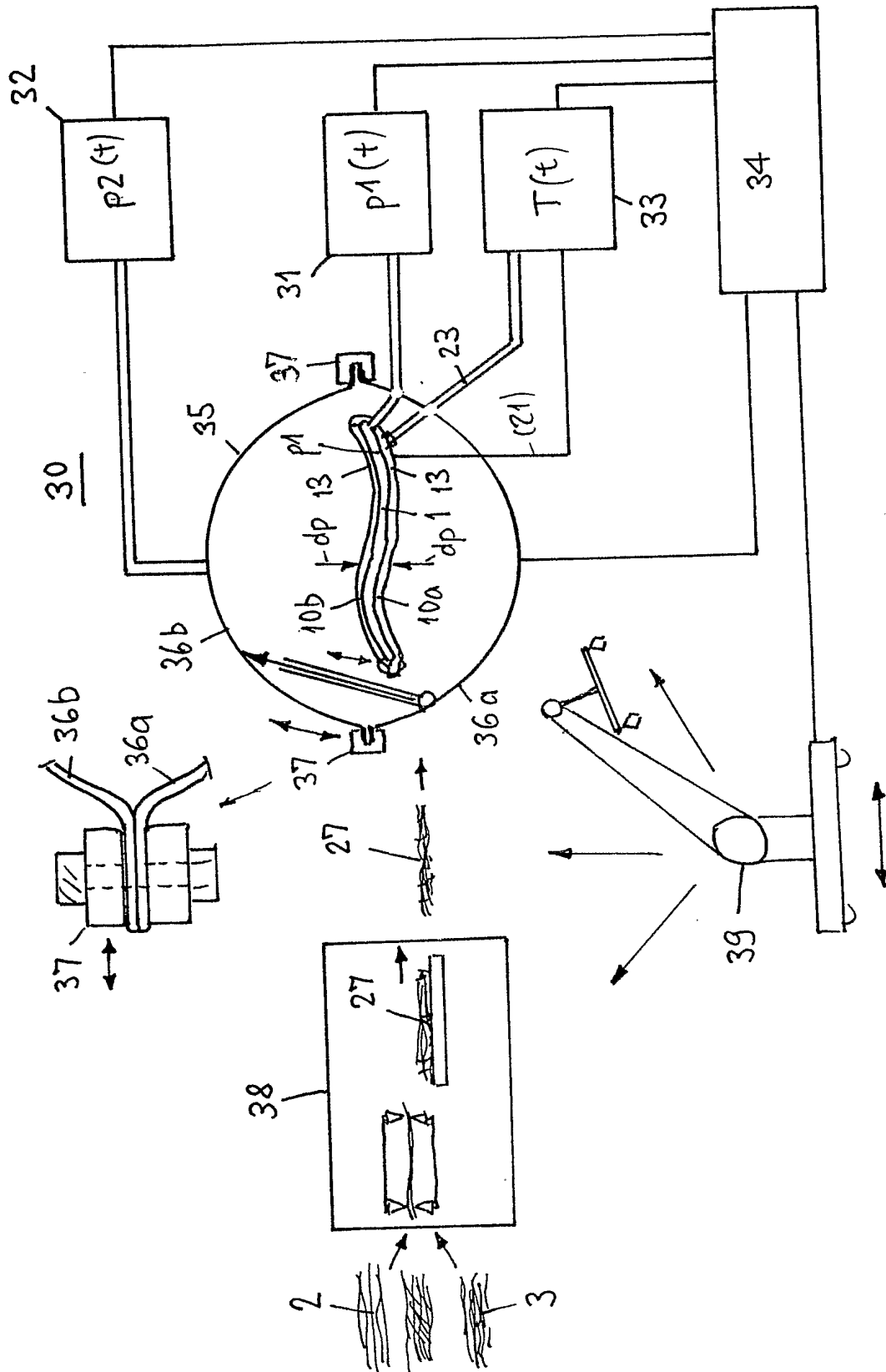


Fig. 18

